

**ANALISIS PERHITUNGAN RUGI RUGI DAYA  
PADA TRANSFORMATOR STEP DOWN  
DI PLTD PUDISKLAT MIGAS CEPU**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**IVAO NURSYAMSI APRILIA**

**D 400 170 047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS PERHITUNGAN RUGI RUGI DAYA  
PADA TRANSFORMATOR STEP DOWN  
DI PLTD PUDISKLAT MIGAS CEPU**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh :

**IYAO NURSYAMSI APRILIA**

**D 400 170 047**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



**Aris Budiman S.T.M.T**

**NIK : 885**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PERHITUNGAN RUGI DAYA PADA TRANSFORMATOR STEP DOWN DI  
PLTD PUDISKLAT MIGAS CEPU**

**OLEH**

**IVAO NURSYAMSI APRILIA**

**D 400 170 047**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari Jumat, 30 Juli 2021**

**Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji :**

1. Aris Budiman, ST.MT  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar, ST.MT  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Supardi, ST.MT  
(Anggota II Dewan Penguji)



**Dekan,**

**Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D**

**NIK. 892**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

**Surakarta, 30 Juli 2021**

Penulis



**IVAQ NURSYAMSI APRILIA**

**D 400 170 047**

## **ANALISIS PERHITUNGAN RUGI RUGI DAYA PADA TRANSFORMATOR STEP DOWN DI PLTDPUDISKLAT MIGAS CEPU**

### **Abstrak**

Transformator merupakan suatu alat yang dapat menaikkan atau menurunkan suatu tegangan. Transformator yang digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga diesel di PPSDM Migas Cepu adalah transformator daya. Transformator daya pada umumnya memiliki rugi daya dalam pengoperasiannya. Transformator 13 hanya mensuplai 4 komponen yang meliputi pompa WPS 1, pompa WPS 2, pompa boiler dan pompa CP sehingga diperlukan pemeriksaan secara rutin ruginya agar terpantau dan tidak terjadi rugi yang terlalu besar. Untuk mengetahui rugi daya dan efisiensi transformator 13 dengan kapasitas 630 kVA pada pembebanannya maka dilakukan pengukuran pada sisi primer 6,1 kV dan sisi sekunder 380 Volt dengan mengacu pada data sekunder. Dari pengukuran menunjukkan kenaikan efisiensi apabila beban bertambah. Metode yang digunakan adalah perhitungan manual, pengukuran, aplikasi ETAP dan SPLN 50. Metode perhitungan manual menggunakan rumus rugi daya, metode pengukuran berdasarkan data sekunder, metode aplikasi ETAP menggunakan diagram single line sistem distribusi ke transformator 13 dan metode SPLN 50 untuk membandingkan dengan metode-metode yang digunakan. Terdapat perbedaan rugi daya antara perhitungan, pengukuran dan perhitungan ETAP. Namun, selisihnya tidak terlalu besar dimana rugi daya berdasarkan perhitungan sebesar 2,56 kW, ETAP sebesar 2,1 kW dan pengukuran sebesar 2,17 kW. Untuk efisiensi berdasarkan hitungan dan pengukuran tergolong baik dengan 97,54% berdasarkan hitungan dan 86,16% berdasarkan pengukuran.

**Kata Kunci :** Transformator, Rugi daya, Step down

### **Abstract**

Transformer is a device that can increase or decrease a voltage. The transformer used in the diesel power generation system at Ppsdm Migas Cepu is a power transformer. Power transformer generally have power losses in operation. Transformer 13 supplies 4 components which include WPS 1 pump, WPS 2 pump, boiler pump and CP pump, so it is necessary to check the loss regularly so that it is monitored and there is no too big loss. To determine the power loss and efficiency of transformer 13 with a capacity of 630 kVA under loading, measurements were made on the primary side 6,1 kV and the secondary side 380 Volt with reference to secondary data. From the measurement of the increase in efficiency when the load increases. The method used is manual calculation, measurement, ETAP and SPLN 50 application. The manual calculation method uses the power loss formula, the measurement method is based on secondary data, the ETAP application method uses a single line diagram of the distribution system to transformer 13 and the SPLN 50 method to compare with other methods. The method used. There are differences between calculation, measurement and step calculation. However, the difference is not too big where the power loss based on the calculation is 2,56 kW, ETAP is 2,1 kW and the measurement is 2,17 kW. For efficiency based on calculations and measurements, it is considered good with 97,54% based on calculation and 86,16% based on measurements.

**Keywords :** Transformer, Power loss, Step down

## 1. PENDAHULUAN

Transformator Daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Indonesia memiliki keuntungan sebesar 60% terhitung dari 2015 – 2020 senilai Rp 40,06 Triliun dalam sektor ekonomi.

Indonesia masih memiliki sumber energi lainnya yang sangat potensial. Mengenai keyakinannya tersebut, Menteri ESDM menyebutkan bahwa pada akhir 2014, akan ada proyek 10 ribu megawatt tahap pertama selesai. Setelah itu, program 10 ribu megawatt tahap kedua akan segera dimulai dengan memanfaatkan sumber- sumber energi baru dan terbarukan. Geothermal akan masuk ke situ 4000-an megawatt, kemudian pembangkit listrik tenaga air atau hydro power, baik yang besar maupun kecil.

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) adalah Instansi Pemerintah Pusat di bawah Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dalam melaksanakan tugas PPSDM Migas Cepu bertanggung jawab kepada Kepala Badan Diklat Energi dan Sumber Daya Mineral (Surat Keputusan No. 150 tahun 2001 tanggal 2 Maret 2001) yang telah diperbaharui dengan peraturan

Menteri ESDM No. 13 tahun 2016 tanggal 20 Juli 2016, dimana Ppsdm Migas mempunyai tugas pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi dan menyediakan energi 35 ribu megawatt. PPSDM Migas Cepu memiliki 16 unit transformator. Salah satu komponen penting dalam distribusi dan transformasi daya adalah transformator. Transformator adalah perangkat statis yang mentransfer energi listrik dari satu ke rangkaian lain melalui proses induksi elektromagnetik. Pada PPSDM Migas menggunakan transformator step up dan transformator step down. Transformator step down dalam pengoperasiannya menghubungkan sisi belitan primer trafo daya dengan sumber tegangan bolak balik yang berasal dari generator, arus bolak balik pada sisi primer kemudian dinaikkan melalui belitan sisi sekunder.

Pada jarak yang jauh tidak efisien mengalirkan arus listrik yang besar yang mengakibatkan terjadinya rugi-rugi daya (Wojciech, Marcin, dkk, 2018). Rugi-rugi daya tersebut dapat berupa rugi daya internal dan eksternal transformator. Rugi internal meliputi rugi tembaga dan rugi inti besi sedangkan rugi eksternal dapat berupa rugi jaringan.

Pada penelitian Analisis perhitungan rugi-rugi daya pada transformator step down dalam pembangkit listrik tenaga diesel di PPSDM Migas Cepu, penulis menyajikan hasil pengukuran berdasarkan data sekunder, analisis rugi daya dan efisiensi dengan kapasitas 630 kVA : 6,3 kV/380 V. Penulis melakukan penelitian terhadap unit transformator 13 di PPSDM Migas Cepu secara online dan berpacu pada data sekunder untuk kelengkapan data.

Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui dan membandingkan rugi- rugi daya dan efisiensi transformator 13 di PPSDM Migas Cepu berdasarkan perhitungan, pengukuran dan aplikasi ETAP 12.6.0.

## **2. METODE**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian pengolahan dan analisa data yang terdiri dari name plate transformator dan data transformator. Penelitian ini mengambil data dari Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM) Migas di Cepu.

Tahap – tahap yang ditempuh dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### **2.1 Studi Literatur**

Studi literatur adalah tahapan yang dilakukan oleh seorang penulis dalam melakukan penelitian dengan cara mencari literatur untuk memperoleh gambaran melalui jurnal.

### **2.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data adalah tahapan yang dilakukan oleh seorang penulis dalam memperoleh data yang bersumber dari data PPSDM Migas Cepu yang berupa data sekunder guna diolah kembali.

### **2.3 Pengolahan Data**

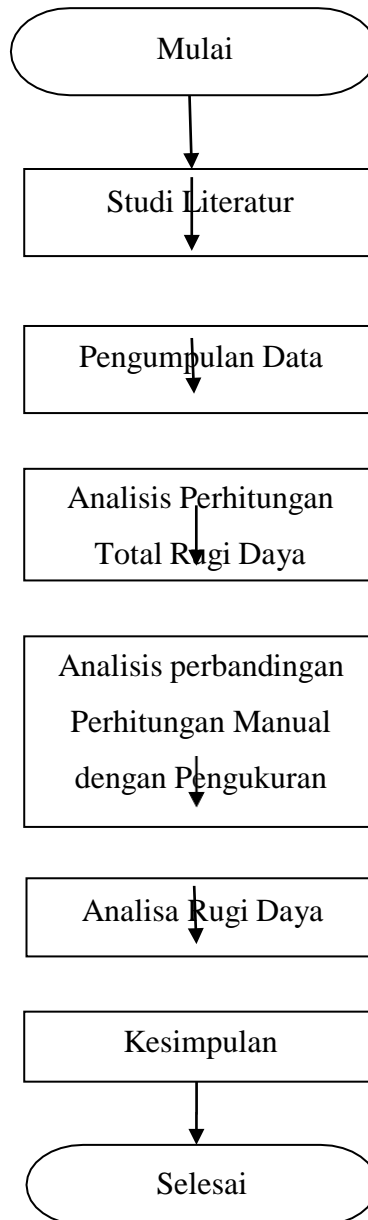
Pengolahan data adalah tahapan yang dilakukan oleh seorang penulis dalam mengolah angka atau gambar dengan menggunakan rumus yang sudah dijelaskan dengan menggunakan Microsoft Excel dan ETAP 12.6.0.

### **2.4 Studi Bimbingan**

Studi Bimbingan adalah tahapan yang dilakukan oleh seorang penulis dalam melakukan konsultasi yang dimulai dari pengajuan judul hingga penyusunan proposal dengan berdiskusi dengan dosen pembimbing via online.

## 2.5 Pembuatan Laporan

Pembuatan Laporan adalah tahapan yang dilakukan oleh seorang penulis dalam membuat laporan penelitian tugas akhir sebagai bentuk final dari hasil penelitian. Tahapan penelitian dapat ditinjau pada diagram alir pada gambar 1 untuk pelaksanaan penelitian yang digunakan sebagai acuan penulis.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses transformasi transformator daya terdapat kerugian internal transformator (Arshad, Hehsham, dkk, 2017). Kerugian tersebut berupa kerugian akibat kawat tembaga dan inti besi dalam sebuah transformator (Vladimir, Alexey, dkk, 2016).

Rugi-rugi pada Transformator. Pada transformator terdapat rugi tembaga ( $P_{cu}$ ) dan rugi besi ( $P_i$ ). Penentuan efisiensi transformator untuk mengetahui presentasi kelayakan suatu transformator.

#### 3.1 Rugi Tembaga

Rugi tembaga adalah rugi akibat arus beban yang melewati kawat tembaga dinyatakan dengan  $P_{cu} = I^2 R$  (Kasegn, Milan, 1996). Pada rugi tembaga bergantung pada beban sehingga arus beban dapat berubah-ubah (Joanna, Dorota, 2018). Untuk menentukan presentasi persen pembebanan dapat dinyatakan dengan :

$$\% \text{Pembelangan} = \frac{\text{Daya Beba(KVA)} \times 1000}{\text{Rating Transformator} \times 1000} \quad (1)$$

#### 3.2 Rugi Besi

Rugi besi adalah rugi yang diakibatkan oleh rugi arus eddy dan rugi hystersis. Rugi arus eddy terjadi karena pada inti besi terdapat arus pusar dan rugi hystersis terjadi akibat inti besi mengalami fluks bolak balik.

#### 3.3 Rugi Daya Total

Rugi daya total adalah rugi daya keseluruhan internal dari trafo yang meliputi kerugian tembaga dan inti besi. Rugi daya total juga dapat dinyatakan dengan

$$P_{losses} = P_{in} - P_{out} \quad (2)$$

Efisiensi

##### 3.3.1 Efisiensi berdasarkan SPLN 50 tahun 1997

Efisiensi berdasarkan SPLN 50 tahun 1997 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{daya keluar})}{P_{out}(\text{daya keluar}) + \text{Rugi} - \text{rugi}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{daya keluar})}{P_{out}(\text{daya keluar}) + P_i(\text{rugi besi}) + P_{cu}(\text{rugi tembaga})} \times 100\% \quad (4)$$

### 3.3.2 Efisiensi berdasarkan perhitungan manual

$$\eta = \frac{\text{out}(\text{daya keluar})}{P_{in}(\text{daya masuk})} \times 100\% \quad (5)$$

dimana :

H	= Efisiensi (%)
P <sub>out</sub>	= Daya keluar (kW)
P <sub>in</sub>	= Daya masuk (kW)
P <sub>i</sub>	= Rugi inti besi (kW)
P <sub>cu</sub>	= Rugi tembaga (kW)
Cosphi	= Faktor daya
S	= Rating kapasitas (kVA)
P losses	= Daya yang hilang akibat transformasi (kW)
V	= Tegangan (kV)
I	= Arus (A)

Tabel 1. Data Spesifikasi Transformator 13

Merk	Centrado
Kondisi	Stand by
Standart	IEC 76 / SPLN-50
Frekuensi	50 Hz
Tahun	1972
Daya Nominal	630 Kva
Arus Nominal	60,6/90 A
Tegangan Hubung Singkat	4%
Pendingin Minyak	DIALA B
Kenaikan Suhu	Minyak 55 OC
Kumparan	65 OC

Tingkat Isolasi Dasar	50 kV
Jumlah Berat	2050 kg
Berat Minyak	600 kg
Buatan	Indonesia
Lokasi	Di samping Bengkel Inspeksi

Tabel 2. Data trafo 13 unit pengolahan air

No	Beban	Daya (kW)	Volt (V)	Jumlah
1	Pompa WPS 1	75	380	1
2	Pompa WPS 2	75	380	1
3	Pompa Boiler	30	380	1
4	Pompa CP	22	380	1

Tabel 3. Spesifikasi rugi daya berdasarkan SPLN 50 tahun 1997

Daya, S(kVA)	Rugi (Watt)		Imp (%)	Group Vektor
	Tanpa beban, Pi	Beban penuh, Pcu		
50	190	1100	4	Dyn5
100	320	1750	4	Dyn5
160	460	2350	4	Dyn5
200	550	2850	4	Dyn5
250	650	3250	4	Dyn5
315	770	3900	4	Dyn5
400	930	4600	4	Dyn5
500	110	5500	4	Dyn5
630	1300	6500	4	Dyn5
800	1950	10200	4,5	Dyn5
1000	2300	12100	5	Dyn5
1250	2700	15000	5,5	Dyn5
1600	3300	18100	6	Dyn5

2000	3900	21000	6	Dyn5
2500	4200	24000	6,5	Dyn5
3150	5400	29600	6,5	Dyn5
4000	6600	40000	7,5	Dyn5
5000	7500	43500	8	Dyn5
6300	9990	50500	8	Dyn5

PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula. Penggerak mula berfungsi sebagai pemutar rotor gerator untuk menghasilkan energi mekanisnya. Salah satu instansi yang menggunakan tenaga diesel adalah PPSDM Migas Cepu. PPSDM Migas Cepu berkerjasama dengan PT.PLN Persero. PT.PLN Persero mensuplai PPSDM Migas Cepu pada level tegangan 20 kV dengan daya 2770 kVA. Prinsip kerja mesin diesel adalah bahan bakar yang disimpan dalam tangki dipompa ke tangki sementara menggunakan kompresor, udara bersih dimasukan kedalam tangki udara melalui saluran dan dialirkan ke *turbocharger*. Udara yang bertemperatur dan tekanantinggi dimasukan ke ruang bakar.

### 3.4 Rugi-rugi daya dan efisiensi tranformator berdasarkan hasil pengukuran

Data penelitian yang digunakan merupakan data yang diambil dari PPSDM MigasCepu. Data yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tabel 4. Data Pembebanan Transformator

Hari Ke -	1	2	3	4	5	6
Beban (kW)	101,7	101,6	101,7	100,8	151,3	150
Beban (kVA)	123,5	123,2	123,4	122,3	182,3	181,2
Beban (kVAR)	69,98	69,59	69,74	69,23	101,6	101,7
Cos phi	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
AMR (PRIMER)	39,60	34,80	37,20	36,00	38,40	42,00
PH (SEKUNDER)	35,35	31,74	33,68	33,31	35,49	38,52
Rugi-rugi (kW)	2,97	2,32	2,14	2,58	1,87	1,88
Efisiensi (%)	87,88	86,99	87,71	88,55	82,90	88,93

### 3.5 Rugi-rugi daya dan efisiensi transformator berdasarkan hasil perhitungan

Perhitungan Rugi tembaga . Contoh pada pembebanan hari ke-1

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{\text{Daya Beban (kVA)} \times 1000}{\text{Rating Transformator (kVA)} \times 1000} \quad (6)$$

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{122,5 \text{ (kVA)} \times 1000}{630 \text{ (kVA)} \times 1000}$$

$$\% \text{Pembebanan} = 0,194 \times 100\%$$

$$\% \text{Pembebanan} = 19,4\%$$

$$\text{Rugi tembaga} = 6.500 \times 19,4\%$$

$$= 6.500 \times \frac{19,4}{100}$$

$$= 1.261 \text{ Watt}$$

$$= 1,261 \text{ kW}$$

$$\text{Rugi besi} = 1,3 \text{ kW (SPLN 50 1997)}$$

$$\text{Rugi total} = \text{Rugi tembaga} + \text{Rugi besi}$$

$$= 1,261 \text{ kW} + 1,3 \text{ kW}$$

$$= 2,56 \text{ kW}$$

Perhitungan Efisiensi

Efisiensi berdasarkan data tabel SPLN No 50 tahun 1997

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{daya keluar})}{P_{out}(\text{daya keluar}) + \text{Rugi-rugi}} \times 100\% \quad (7)$$

$$\eta = \frac{P_{out}(\text{daya keluar})}{P_{out}(\text{daya keluar}) + P_i(\text{rugi besi}) + P_{cu}(\text{rugi tembaga})} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{101,675(\text{kW})}{101,675(\text{kW}) + 1,3(\text{kW}) + 6,5(\text{kW})} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{101,675(kW)}{109,475(kW)} \times 100\%$$

$$\eta = 0,9287 \times 100\%$$

$$\eta = 92,87\%$$

Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}(daya\ keluar)}{P_{in}(daya\ masuk)} \times 100\% \quad (8)$$

$$\eta = \frac{101,675(kW)}{104,235(kW)} \times 100\%$$

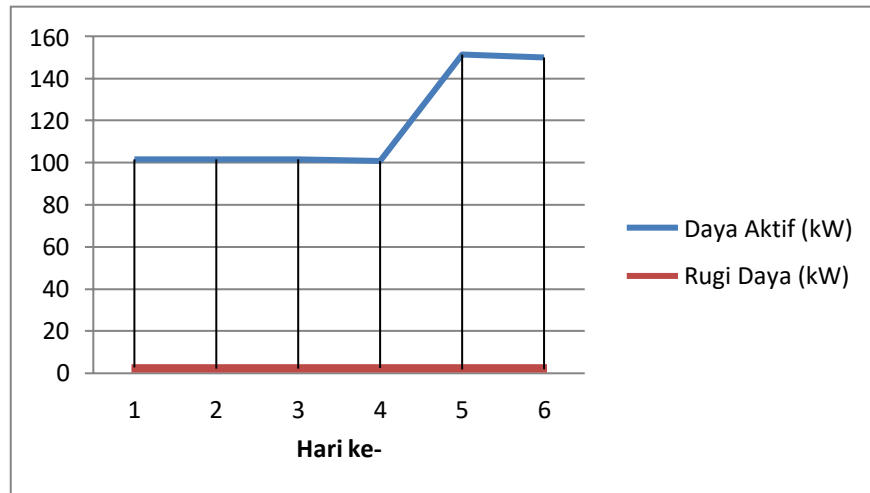
$$\eta = 0,9754 \times 100\%$$

$$\eta = 97,54\%$$

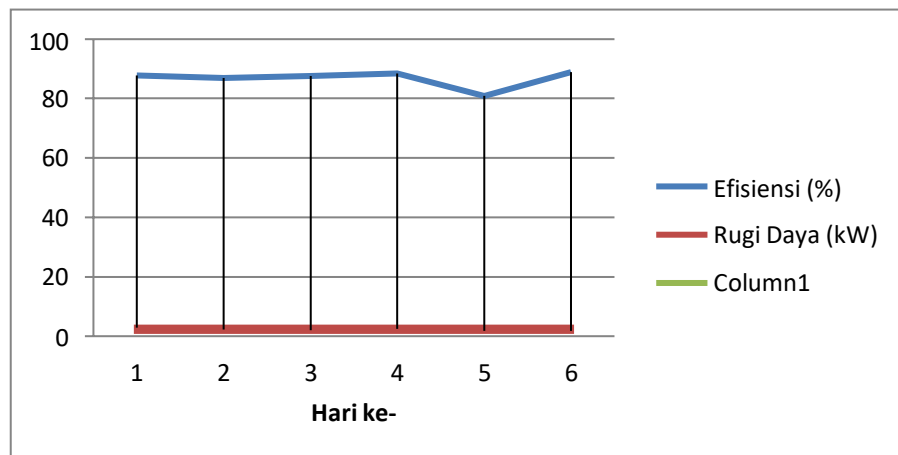
### 3.6 Rugi-rugi daya pada transformator berdasarkan aplikasi ETAP 12.6.0

Tabel 5. Hasil perhitungan rugi daya total pada transformator 13

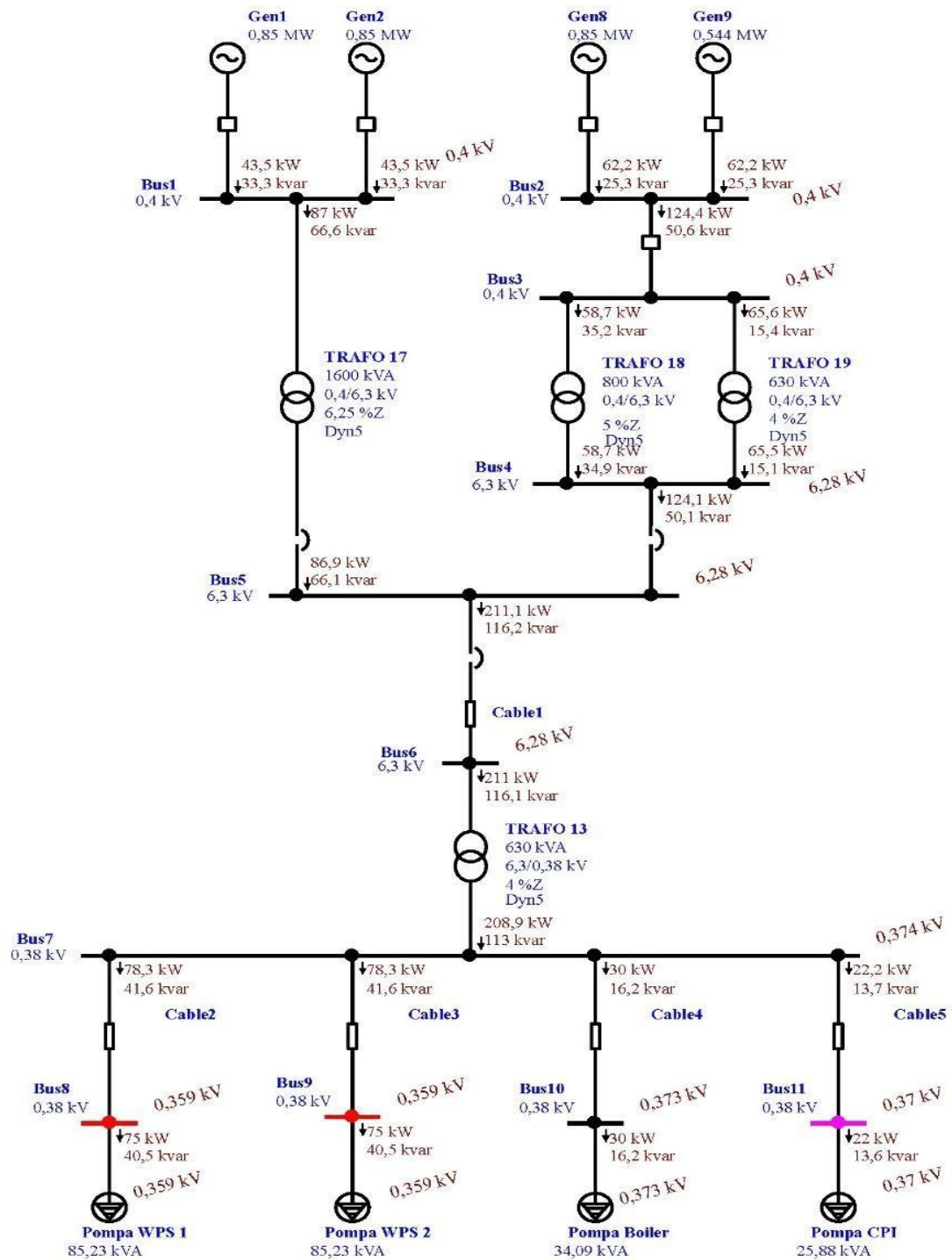
CKT/Bra	From- To Bus	To-From Bus	Losses		%Bus		Vd %		
nch	Flow	Flow			Voltage		Drop in		
ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kVar	From	To	Vmag
TRAFO 17	0,081	0,077	-0,080	-0,077	0,1	0,5	100,0	99,7	0,35
TRAFO 18	0,055	0,042	-0,055	-0,042	0,1	0,3	100,0	99,7	0,35
TRAFO 19	0,065	0,023	-0,065	-0,023	0,2	0,2	100,0	99,7	0,35
TRAFO 13	0,200	0,142	-0,198	-0,142	2,1	3,1	99,7	95,0	1,55
Cable 1	0,074	0,051	-0,074	-0,051	0,0	0,0	95,0	94,9	0,04
Cable 3	0,074	0,051	-0,074	-0,05	0,0	0,0	95,0	94,9	0,04
Cable 4	0,029	0,021	-0,029	-0,021	0,0	0,0	95,0	94,9	0,05
Cable 5	0,022	0,015	-0,022	-0,015	0,0	0,0	95,0	94,9	0,11



Gambar 2. Hubungan antara daya aktif dengan rugi daya pada pengukuran



Gambar 3. Hubungan antara efisiensi dengan rugi daya



Gambar 4. Diagram single line distribusi ke transformator 13

Tabel 1 menunjukkan data spesifikasi transformator 13 step down pada Pudisklat Migas Cepu. Tabel 2 menunjukkan muatan beban yang terhubung pada sisi sekunder trafo 13 sejumlah 4 komponen yang memiliki daya aktif total 202 kW dengan tegangan 380 Volt. Tabel 3 menunjukkan spesifikasi rugi daya transformator distribusi tiga *phase* pada SPLN No 50 tahun 1997. Tabel itu berfungsi sebagai tolak ukur dan pembandingan pada rugi-rugi daya berdasarkan pengukuran dan perhitungan. Tabel 4 menunjukkan data pembebanan transformator 13 yang meliputi data primer dan data sekunder. Data sekunder berupa rugi-



rugi dan efisiensi transformator yang diperkirakan dari jurnal umum yang memiliki rating transformator yang sama pada trafo 13 dengan rating 630 kVA untuk kelengkapan data pembanding. Tabel 5 menunjukkan hasil dari perhitungan aplikasi ETAP 12.6.0 dengan rugi daya sebesar 2,1 kW .

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara daya aktif dengan rugi daya dalam pengukuran yang berasal dari data sekunder. Grafik menunjukkan rugi daya yang diperkirakan konstan dengan rata rata 2,3 kW perminggu. Gambar 3 menunjukkan antara efisiensi dengan rugi daya, rugi daya diperkirakan akan meningkat ketika pembebanan semakin besar. Efisiensi berdasarkan hasil hitungan dan pengukur tergolong cukup baik (Palaloi, S, 2009). Gambar 4 menunjukkan rugi daya yang terhitung melalui aplikasi ETAP 12.6.0 dengan rugi daya sebesar 2,1 kW dengan daya input sebesar 211 kW dan daya output sebesar 208,9 kW. Pada aplikasi ETAP kita dapat menemukan rugi daya dengan berpacu pada rangkaian single line Pusdiklat Migas Cepu yang langsung didistribisikan pembebanan pada trafo 13. Rugi daya yang terdapat dalam perhitungan ETAP jika dibandingkan dengan rugi daya perhitungan dan pengukuran tidak jauh berbeda. Pada perhitungan rugi daya sebesar 2,56 kW dan pada pengukurannya sebesar 2,17 kW . Pada perhitungan lebih besar daripada pengukuran dan ETAP disebabkan pada perhitungan berpacu pada SPLN No 50 yang rugi tembaga dan rugi inti besi sudah ditetapkan. Pada rugi tembaga nilai rugi dayanya harus dikalikan dengan jumlah presentase pembebanan.

#### **4. PENUTUP**

Dari penelitian dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa : Rugi rugi daya akan semakin besar apabila pembebanannya semakin besar dan efisiensinya cenderung meningkat. Ada perbedaan antara hitungan rugi daya dan efisiensi pada etap dan pengukuran. Perhitungan rugi daya manual lebih besar dari pengukuran dan ETAP karena berpacu pada tabel SPLN 50 yang rugi tembaga dn rugi inti besi sudah ditetapkan tanpa mengetahui hambatan tetap suatu trafansformator. Rugi daya hitungan sebesar 2,56 kW, rugi daya pengukuran sebesar 2,17 kW dan rugi daya berdasarkan ETAP sebesar 2,1 kW. Efisiensi transformator berdasarkan hitungan dan pengukuran tergolong katagori baik pada pengoperasiannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arshad, Hehsham, dkk.(2017).*Handover Management in 5G and Beyond: A TopologyAware Skipping Approach*.Departement of Electrical Engineering, King Fahd,Saudi Arabia.
- Joanna,Dorota.(2018).*The Influence of Core Geometry on No-Load Losses of MediumPower Transformers*.Pozna,Poland.

- Kasegn, Milan. (1996). *Calculation of Losses in Structural Parts of Transformers by FE Method*. Rolls-Royce Industrial Power Group, Peebles Electric Limited, Edinburgh. UK.
- Palaloi, S. (2009). Perbandingan efisiensi trafo daya 630 kVA antara perhitungang dan hasil pengukuran. Teknik Elektro Institut Teknologi Indonesia.
- Vladimir, Alexey, dkk. (2016). *Calculation of Power Losses in the Transformer Substation*. South-West State University, Kursk, Russia.
- Wojciech, Marcin, dkk. (2018). *Compensation of Reactive Power As a Method for Reducing Energy Losses*. Notakta Zarzdu PSE-Operator. Rusia